APUNTES DE

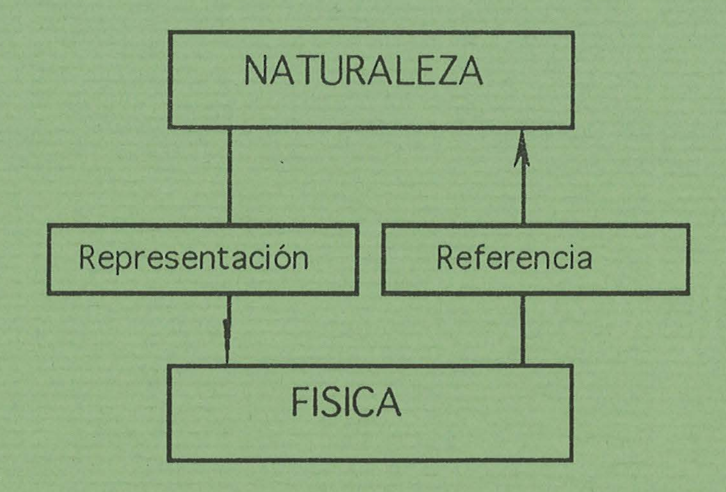
FUNDAMENTOS DE FÍSICA

por

FRANCISCO GONZÁLEZ DE POSADA

con la colaboración de

Mª DOLORES REDONDO ALVARADO
MERCEDES GONZÁLEZ REDONDO



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

APUNTES DE

FUNDAMENTOS DE FÍSICA

por

FRANCISCO GONZÁLEZ DE POSADA

con la colaboración de

Mª DOLORES REDONDO ALVARADO
MERCEDES GONZÁLEZ REDONDO

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

Apuntes de Fundamentos de Física.

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
CUADERNO 43.01
ISBN 84-89977-68-2
Depósito Legal: M-6714-1999

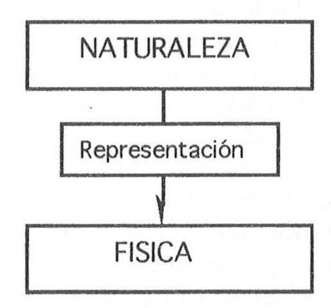
ÍNDICE

1. REALIDAD Y FÍSICA. ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA FÍSICA

1. LA FÍSICA COMO REPRESENTACIÓN DE LA NATURALEZA.

Pretendo en este punto caracterizar básicamente, aunque sea de forma fugaz, la relación (o relaciones) existente(s) entre la Naturaleza y la Física[1], cuestión previa de sumo interés para un correcto entendimiento de cualquier tema fundamental de la Física[2].

Si el punto de partida, a la luz del parágrafo anterior y como parece obvio, es la Naturaleza, que podemos denominar también 'Realidad física', la Física puede considerarse como 'representación' de la Naturaleza, según se refleja en el siguiente esquema



que establece una relación de *representación* entre Naturaleza y Física.

La Física, pues, desde la Naturaleza, *es* una representación ¡Bien!, pero ¿qué notas caracterizadoras tiene esta representación? A mi juicio tres notas principales.

Primera. Es una representación *parcial*. En pocas palabras, quiero decir tanto como que 'la Física' (concebida como *una* -única, global- representación de la Naturaleza) realmente no existe (salvo en mentes filosóficamente infantiles o físicamente

[1] En este parágrafo no hacemos la restricción Física clásica. Se aplica a toda la Física.

[2] Caso del *tiempo*, por ejemplo.

dementes); sólo existen 'teorías físicas', es decir, *parcialidades*, no totalidad con sentido único. Es preciso, y muy conveniente, fijar la idea -otra perspectiva acerca de qué es la Física en la que suelo insistir, probablemente con ocasión y sin ella- de que <<la Física es -se constituye como- un conjunto de teorías físicas>>[3] . Repitamos con otras palabras: cada teoría física es una representación de unos aspectos, de unos elementos, de unos fenómenos de la Naturaleza.

Segunda. Es una representación *ideal* (modelo). La(s) representación(es) hoy posible(s) -probablemente durante mucho tiempo ... o siempre ... al menos para los seres humanos- no sólo es parcial sino que, además, es ideal. Estas expresiones -sustantivas- constituyen motivo de rechazo -y a veces de escarnio- para los físicos dogmáticos que aún quedan y sin duda para tanto libro y tantos escritos que hablan de 'la Naturaleza', de 'las leyes de la Naturaleza' como si la Física se identificara con la Realidad física. Esta creencia o convicción en la identidad, a mi juicio, precisa de desmontaje urgente y definitivo. La Física no es la Naturaleza, es sólo -y tanto como, ¡claro es!- un *conjunto de representaciones parciales ideales*. Una teoría física es un *modelo conceptual* (ideal) de una parcela fenoménica de la Naturaleza.

Tercera. Es una representación *matematizada*. En esta nota se concentra la *especificidad* más notable de la Física; a fin de cuentas, sólo que constituyen ámbitos conscientes de ello, las dos notas anteriores pueden aplicarse, entre otros casos y por ejemplo, al mundo del Arte. Por nuestra parte queremos insistir en el término que empleamos, *matematicidad,* ya que, con harta frecuencia, se habla de la *medibilidad* y/o *cuantificabilidad.* La matematicidad (y tendremos mucho que hablar de ello en torno al tiempo) incluye muchos aspectos presentes en la física. He aquí algunos: la topología y el álgebra de las magnitudes físicas, la analiticidad de algunas funciones que usa la física, la teoría de ecuaciones e inecuaciones, las teorías de campos escalares, vectoriales y tensoriales, etc., y también, pero también, la medición.

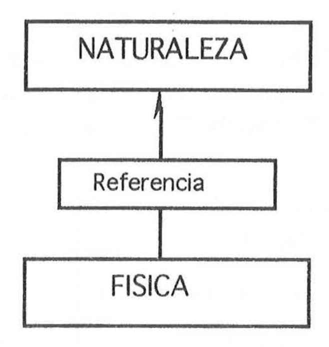
Ahora puede afirmarse que *una teoría física es una representación parcial, ideal y matematizada de la Naturaleza.*

2. LA NATURALEZA COMO REFERENTE DE LA FÍSICA

Si el punto de partida de nuestra reflexión acerca de la

[3] No parece necesario profundizar más porque el tiempo del que aún desconocemos casi todo pasa inexorablemente, nos envejece y cansa.

relación entre Física y Naturaleza es la Física, puede decirse entonces que ésta es una *ciencia cuyo referente es la Naturaleza* y utilizarse el gráfico siguiente

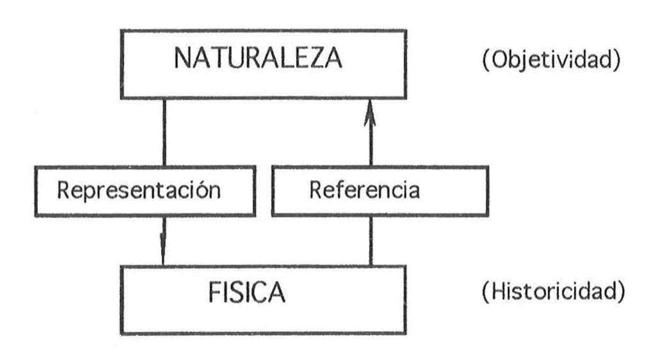


que establece una relación de *referencia* entre Física y Naturaleza.

¡Bien! pero a las notas caracterizadoras de la(s) relación(es) de representación, notas de contenido intrínseco que hemos considerado como principales, debemos añadir, al menos, otra que también es fundamental para la intelección de cualquier análisis de los conceptos, leyes, etc. de la Física: la *historicidad*[4].

3. FÍSICA Y NATURALEZA. ¿QUÉ ES LA FÍSICA?

Por tanto, y en resumen, podemos concluir para los fines que nos interesan con el siguiente gráfico:



[4] Esta nota estará presente subyaciendo a todo nuestro curso *En torno al tiempo*; releamos el Indice y no seamos tan ingenuos como para considerar que ya se ha acabado la historia del concepto (¿o teoría? ¿o ...?) tiempo por su perfecto conocimiento actual y anunciemos 'su muerte' ... porque seguro que resucitará (¡cuántos ejemplos más o menos análogos tenemos ya!).

en el que complementaria y sintéticamente se destacan la *creencia* en la objetividad de la Naturaleza y la *certeza* en la historicidad de la Física.

Por otra parte, el cuadro siguiente también puede facilitar la comprensión de la nítida separación de lo que es la Naturaleza en sí de lo que es la Física, separación que lógicamente es previa a sus relaciones

	Niveles	
NATURALEZA	Realidad	("Es lo que es")
FISICA	Ciencia	Creación humana

2. FÍSICA CLÁSICA. ACERCA DE LAS TEORÍAS FÍSICAS

De manera algo más precisa y completa, en la perspectiva de la Física clásica, pero también en síntesis extrema, las *creencias* científicas de la Física acerca de la Naturaleza pueden extenderse y ordenarse como se hace a continuación.

Primero. *Postulados de existencia* (creencias científicas de la Física).

Postulado I, de existencia *real* de la Naturaleza.

Postulado II, de existencia *real* de "cosas" (objetos, sistemas, campos, ...) en la Naturaleza.

Postulado III, de existencia de "propiedades *reales*" en/de las "cosas".

Postulado IV, de existencia de "procesos *reales*" (sucesos, acaecimientos, hechos, cambios, ...) *'en'* las "cosas" y *'entre diferentes'* "cosas".

Segundo. *Postulados de objetividad* (creencias científicas, concreciones de las anteriores).

Postulado I, de objetividad (magnitudinal): <<Las 'propiedades' (concretas) son independientes de las convenciones humanas>>.

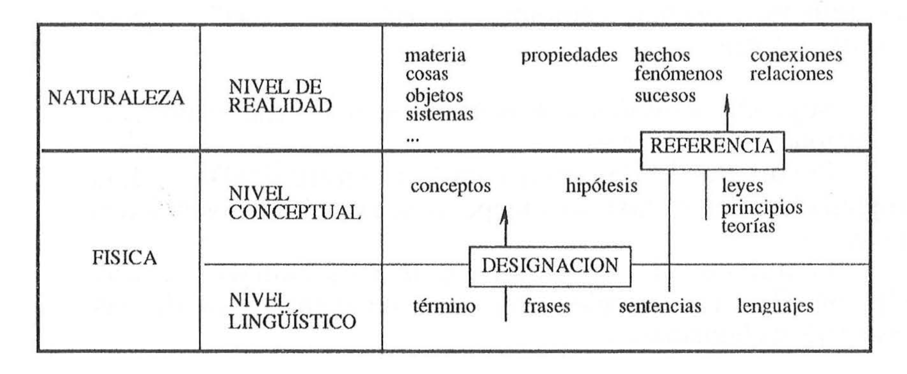
Postulado II, de objetividad (relacional): <<Las 'relaciones' entre 'propiedades' son independientes de las convenciones humanas>>.

Esta visión de la Naturaleza (de la que hemos hecho una primera esquematización axiomática) corresponde a la que denominamos perspectiva de la Física clásica. Insisto en que esta interpretación filosóficamente estructurada de la Naturaleza *propiamente* corresponde a la Física clásica, no a la Física relativista ni a la Física cuántica; pero sí a mucho más que a la Mecánica newtoniana como expresa o subconscientemente parece que afirman bastantes autores (entre los pocos que se manifiestan sobre estos asuntos fundamentales).

1. LA REPRESENTACIÓN 'FÍSICA CLÁSICA'[1]

Dedicamos una atención especial al conjunto de representaciones parciales, ideales y matemáticas (e históricas) que se integran en la denominada Física clásica (generalización filosófica de la Mecánica newtoniana), por su especial interés intrínseco, por haber servido de soporte intelectual para el pensamiento filosófico y científico de los tiempos recientes, (incluso porque aún no ha sido desbaratado *de hecho y por completo* por las conceptualizaciones filosóficas existentes construidas sobre las *nuevas físicas*)y, sobre todo, porque se acomoda y se adecua a las percepciones, intuiciones e intelecciones humanas.

Desde una perspectiva lógica puede aceptarse que la física tiene tres niveles o bien que trata o considera elementos que se ubican en tres niveles lógicamente diferentes: el nivel de realidad, el nivel conceptual y el nivel terminológico. En cada uno de ellos se sitúan, por ejemplo, lo que en forma sintética se refleja en el cuadro siguiente (Bunge, 1967):



Respecto del parágrafo anterior pueden indicarse las siguientes novedades.

Primera. La Naturaleza abarca, de acuerdo con los Postulados del parágrafo 1, un único nivel lógico: el nivel de realidad, el de lo *realmente* 'existente'.

Segunda. La Física engloba dos niveles lógicos diferentes: el nivel lingüístico y el nivel conceptual. Los dos son niveles de la Física, por eso todos sus elementos -unos y otros- se *refieren* a los elementos del nivel de la realidad por medio de la relación de referencia.

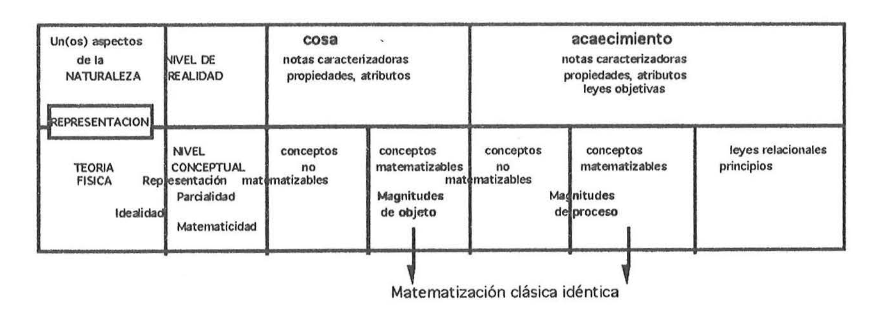
[1] Para mayor extensión pueden verse nuestros *Pre-textos de Física* (González de Posada et al. 1992a, 1992b, 1993)

Tercera. Surge una nueva relación, relación interna en la Física, o entre los niveles lógicos de la Física: la relación de *designación*: los elementos lingüísticos *designan* elementos conceptuales, los elementos conceptuales *se designan* mediante elementos lingüísticos.

Cuarta. Cada conjunto de elementos explicitados de cada nivel da lugar a una teoría física clásica determinada con sus caracterizaciones relativas a sus tres niveles.

Hemos destacado así, breve y sucintamente, la existencia en la Física de tres niveles lógicos, de sus relaciones desde la Física. Es preciso insistir en que este cuadro, con los matices, complementos y precisiones apropiadas para cada caso debe dar encaje y respuesta a cada una de las teorías físicas clásicas de acuerdo con lo expresado con anterioridad. Con otras palabras, constituye una formalización general para las teorías físicas clásicas, no para la Física clásica considerada hipotéticamente *una*.

La representación de la Naturaleza que es la Física clásica, para cada teoría física concreta, se hace, fundamentalmente, desde su nota específica de *matematicidad*, mediante los conceptos magnitudinales (magnitudes que se refieren a las propiedades de la 'cosa') y relacionales (leyes y principios) que integramos esquemáticamente en el cuadro siguiente:.



Con relación a ellos, la Física clásica considera los siguientes postulados que explicitamos directamente sin mayor explicación.

Primero. *Postulados de invariancia* (consecuencias conceptuales de la objetividad real).

Postulado I, de invariancia de las cantidades.

Postulado II, de invariancia de las leyes.

Segundo. *Postulado general de homogeneidad de la*

Física, que integra tres postulados parciales.

Postulado I, de homogeneidad magnitudinal.

Postulado II, de homogeneidad ecuacional/principial.

Postulado III, de homogeneidad legal/relacional.

3. TEORÍA FÍSICA CLÁSICA: EL REFERENTE

¿A qué se *refiere* una teoría física clásica? ¿cómo se refiere una teoría física clásica a su *referente*?

0. INTRODUCCIÓN

A) Niveles lógicos.

NATURALEZA	NIVEL DE REALIDAD	materia cosas objetos sistemas ...	propiedades	hechos fenómenos sucesos	conexiones relaciones
				REFERENCIA ↑	
FISICA	NIVEL CONCEPTUAL	conceptos	hipótesis		leyes principios teorías
		DESIGNACION ↑			
	NIVEL LINGÜÍSTICO	término	frases	sentencias	lenguajes

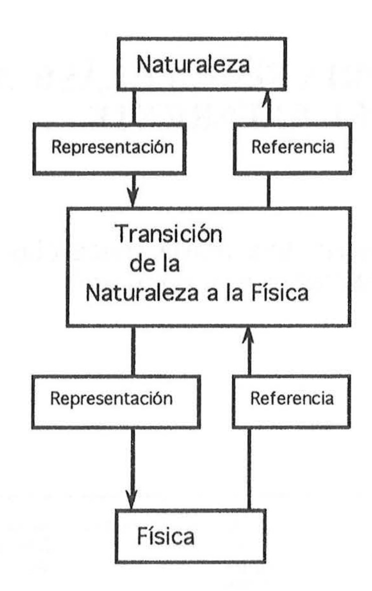
B) Física y Teorías físicas.

1. EL REFERENTE DE UNA TEORÍA FÍSICA

En sentido amplio o generoso el *referente* de una teoría física *es* Naturaleza, *está* en la Naturaleza, pertenece al nivel lógico de la Realidad; es parte de la Realidad.

En sentido estricto de hecho (intelectual) está más bien en una determinada concepción meta-física de la Realidad. Está en una región intelectual que puede denominarse *Transición* de la Naturaleza a la Física.

Así, la Física se refiere a la Naturaleza a través de la *Transición.* Esta no es la Naturaleza, sino cómo se concibe la Naturaleza meta-físicamnete.



2. EL REFERENTE DE UNA TEORÍA FÍSICA CLÁSICA: ESTRUCTURACIÓN LÓGICO-FILOSÓFICA

Transición o Meta-física clásica	Cosa	Propiedades atributos intrínsecos atributos extrínsecos	Acaecimiento	Propiedades descriptivas	Leyes objetivas
Una teoría física clásica	Concepto objeto	Conceptos propiedades	concepto-acaecimiento	concepto-propiedades	Leyes de la teoría

3. POSTULADOS DE EXISTENCIA

(Creencias científicas de la Física)

Postulado I. de existencia *real* de la Naturaleza.

Postulado II. de existencia *real* de "cosas" (objetos, sistemas, campos,...) en la Naturaleza.

Postulado III. de existencia de "propiedades *reales*" en las "cosas".

Postulado IV. de existencia de "procesos *reales* " (sucesos, acaecimientos, hechos, cambios,...) 'en' las "cosas" y 'entre diferentes' "cosas".

4. POSTULADOS DE OBJETIVIDAD

(Creencias científicas, concreciones de las anteriores)

Postulado I, de objetividad (magnitudinal): <<Las 'propiedades' (concretas) son independientes de las convenciones humanas>>.

Postulado II, de objetividad (relacional): <<Las 'relaciones' entre 'propiedades' son independientes de las convenciones humanas>>.

5. APLICACIÓN: *DINÁMICA NEWTONIANA*

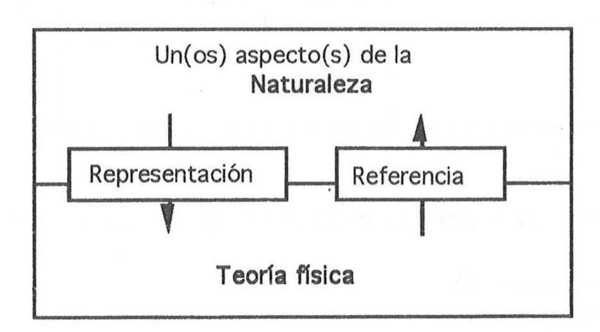
La *Dinámica newtoniana* es una teoría física clásica, la primera (con absoluta propiedad de teoría física clásica) en la historia.

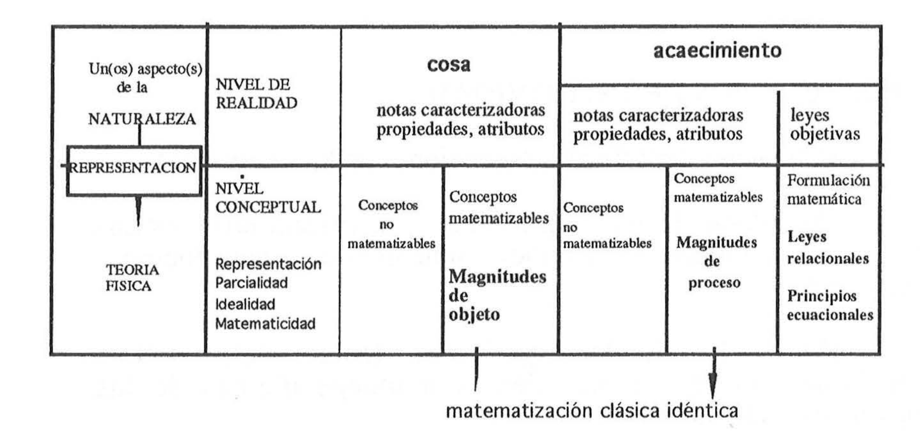
En tanto que teoría clásica el conjunto de ideas elementales que deben presidir la reflexión es:

1) Análisis del referente que, por supuesto, "ES LO QUE ES".

2) Se 'concibe' clásicamente con una estructura conceptual clara (conceptos nítidos, disjuntos).

3) Desde un plano LOGICO (no histórico; no estricto/usual formalismo) puede organizarse de la manera siguiente:





La teoría física "Mecánica newtoniana" (Dinámica, Teoría de la Gravitación). Cuadro-síntesis general:

Un(os) aspecto(s) de la NATURALEZA / REPRESENTACION	NIVEL DE REALIDAD	**cuerpo** (Está en una posición en un instante) notas caracterizadoras propiedades, atributos		**movimiento** (Cambio de posición en el tiempo) notas caracterizadoras propiedades, atributos, leyes objetivas		
MECANICA <<NEWTONIANA>>	Dinámica del punto	Partícula Punto material	**Posición, s** (Lugar) **Instante, t** **Masa, m** (Cantidad de materia. Inercia)	relativo absoluto	**Cinemática** (Efecto) s(t) ds v=ds/dt a=dv/dt **Dinámica** (causa) F	**- Inercia** **- f ~ m a** **-Acción y reacción**
	Teoría de la Gravitación		**masa gravitatoria** **mg ~ mi** (Atracción, acción)	Gravitación	Fuerza gravitatoria	$f \sim \frac{m_g m'_g}{d^2}$

Complementos para la intelección del cuadro (lecciones próximas).

Prefísica (Lógica).

Protofísica (Historia física).

¿ G ?. Distintas interpretaciones.

4.TEORÍA FÍSICA CLÁSICA: NATURALEZA

¿Qué es una teoría física clásica?
El *nivel conceptual* de la Física

1. REFERENCIA A LA REALIDAD

a) Representación de la Naturaleza/Realidad.

b) Representación parcial (de un aspecto de la Naturaleza).

c) Representación ideal (modelo) (conceptual).

d) Representación matematizada

2. MODO DE REPRESENTACIÓN DE LA REALIDAD

Se hace, fundamentalmente, mediante conceptos (magnitudinales y relacionales)

Transición o Meta-física clásica	Cosa	Propiedades atributos intrinsecos atributos extrinsecos	Acaecimiento	Propiedades descriptivas	Leyes objetivas
Una teoría física clásica	Concepto objeto	Conceptos propiedades	concepto-acaecimiento	concepto-propiedades	Leyes de la teoría

3. POSTULADOS DE INVARIANCIA

(Consecuencias conceptuales de la objetividad real).

Postulado I. de invariancia de las cantidades.

Postulado II. de invariancia de las leyes.

4. POSTULADO GENERAL DE HOMOGENEIDAD DE LA FÍSICA

Postulado I. de homogeneidad magnitudinal.

Postulado II. de homogeneidad ecuacional/principial.

Postulado III. de homogeneidad legal/relacional.

5. TEORÍA FÍSICA CLÁSICA: PREFÍSICA, PROTOFÍSICA Y CONCEPTOS NO MAGNITUDINALES

I. PRE-FÍSICA

Se estudia en este tema la *Pre-física* correspondiente a una teoría física clásica: su concepción y los elementos que la integran.

1. CONCEPTO DE PRE-FÍSICA

Desde una perspectiva lógica consideramos que Pre-física o Prefísica de una teoría física es todo aquello que la teoría física (creación humana) precisa tomar procedente de otros ámbitos del saber que no son propiamente física para la elaboración de la correspondiente teoría física.

Las principales *notas caracterizadoras* de los elementos que integran la Pre-física de una teoría física clásica concreta son: a) sus referentes no pertenecen a (no están en) la Naturaleza; y b) la teoría física los asume e integra en ella. Radicalmente, la Pre-física no es Física; los elementos de la Pre-física no son elementos propiamente físicos.

La Pre-física la constituyen, por tanto, elementos/partes de otras ciencias,disciplinas,teorías,ámbitos del conocimiento, de la formalización, de la interpretación que utiliza,asume,integra la *teoría física clásica* y que son, lógicamente, (desde ella) previas.

2. ELEMENTOS DE LA PRE-FÍSICA

Los elementos prefísicos de una teoría física clásica proceden principalmente de los siguientes ámbitos:

a) Lógica.
b) Filosofía.
c) Matemática
d) Semántica.
e) Otros.

3. LA ESPECIAL RELEVANCIA DE LA MATEMÁTICA

El ámbito prefísico de la Matemática es, sin lugar a dudas, el más significativo, el de mayor relieve histórico y el usualmente considerado casi como exclusivo. Diferentes partes de la matemática adquieren especiales importancias en unas u otras teorías físicas clásicas. Destacamos las siguientes: Teoría de Conjuntos, Topología, Álgebra, Análisis Funcional, Teoría de Campos escalares, vectoriales y tensoriales, Teoría del Potencial, Geometría.

Este ámbito matemático es el que interesa a los 'efectos dimensionales' de las teorías matemáticas de las magnitudes, de las leyes, de las teorías físicas y del concepto de dimensión.

4. EJEMPLO: LA PREFÍSICA DE LA *DINÁMICA NEWTONIANA*

La *Dinámica newtoniana* se considera la primera teoría física completa, en sentido moderno/clásico, que se crea. Constituye modelo de referencia para las demás y casi para todo lo demás que sea ciencia y pensamiento en el mundo de la Modernidad.

Esta teoría física precisó de una prefísica, cuyo contenido básico explicitamos a continuación.

A) Prefísica matemática

1) Referenciales (entendidos como prefísica)[1] .
    Espacio absoluto
    Tiempo absoluto
2) Topología para las magnitudes
3) Algebra para las magnitudes
4) Geometría:
    Espacio euclídeo tridimensional.
    Geometría analítica
    Geometría métrica (desplazamiento, longitud, volumen, ...)
    Geometría diferencial
3) Análisis matemático.
    Análisis diferencial e integral (Newton, Leibniz)
4) Teoría del potencial (Newton, ...).

[1] En el tema próximo se interpretarán como proto-física.

B) Prefísica de otros ámbitos

(Interesa 'a los efectos dimensionales', sobre todo, la perspectiva matemática). No obstante cabe señalar: Lógica, Metafísica y Semántica.

II. PROTOFÍSICA[2].

1. CONCEPTO DE PROTOFÍSICA

La Protofísica de una teoría física clásica es FÍSICA, física 'anterior' históricamente a la teoría física (a lo específico y novedoso de la teoría en cuestión).

Entre las *notas caracterizadoras* de los elementos protofísicos de una teoría física clásica destacamos las siguientes.

Primera. Son elementos *físicos*, en tanto que constituyen *representación* de la Naturaleza [de un(s) aspecto(s) de la Realidad] y tienen su *referente* en la Naturaleza.

Segunda. Son elementos históricamente anteriores (preexistentes) a la concepción y formulación de la teoría física clásica en cuestión.

Tercera. (A veces) son (o pueden ser) elementos lógicamente anteriores que por no existir históricamente en la gestación de la teoría han colaborado posteriormente en hacerla más completa, mejorándola formalmente después de su nacimiento.

Cuarta. Constituyen presupuestos de la teoría en cuestión.

bien (unas veces predominando) por razones históricas (elementos 'anteriores" que integra).

b) bien por razones lógicas (elementos que le preceden conceptualmente).

2. CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS

Considero de interés en este punto destacar como conceptos complementarios interesantes y fundamentales que se derivan, en algún aspecto, de los criterios anteriormenet expuestos lo que se denomina en *Filosofía de la ciencia* problema de las redes de teorías y de las relaicones

[2] [*Protos* : primero, germinal, inicial,...].

interteoréticas. Sólo dos ideas-impacto para introducir el tema[3].

Una. Las nociones de Teoría general/Teoría especial (Ej. *Electromagnetismo de Maxwell-Conducción eléctrica en medio continuo de Ohm*)

Dos. Las nociones de Teoría básica/Teoría ampliada (Ej. *Dinámica newtoniana/Mecánica clásica de fluidos*).

3. EJEMPLO: LA PROTOFÍSICA DE LA DINÁMICA NEWTONIANA

La Protofísica primordial de casi toda(s) la(s) Física (teorías físicas) en tanto que elementos físicos primeros de la HISTORIA del pensamiento humano, entendidos no sólo como Física sino como lo fundamental de la Naturaleza y, en consecuencia, de la Física, se centra en las preguntas en negritas y en las *concepciones* en mayúsculas negritas en el siguiente cuadro:

¿qué? **MATERIA**

¿dónde? **ESPACIO**

¿cuándo? **TIEMPO**

Hablamos de concepciones de materia, de espacio y de tiempo porque constituían 'realidades' en sí mismas independientes radicalmente las unas de las otras. Espacio, tiempo y materia eran *magnitudes fundamentales* y radicales de la Naturaleza.

Desde la perspectiva *mecánica* la materia se movía dentro del espacio a lo largo del tiempo.

La teoría física *Dinámica newtoniana* tenía por objeto responder a la pregunta

¿cómo?

Propiamente la respuesta concreta a esta pregunta constituía la teoría física, de modo que materia, espacio y tiempo, en tanto que concebidos como realmente existentes y previos

---

[3] Puede verse con cierto detalle una extensión de estas cuestiones en González de Posada, F. y González Redondo, F.A.(1993) "Estudio de las redes interteoréticas desde la Teoría Dimensional" I Congreso de Lógica y Filosofía de la Ciencia, Madrid.

pueden considerarse como protofísica.

Las respuestas anteriores a los *Principia* de Newton al cómo habían sido varias, pero desde una perspectiva *cinemática*, de descripción del movimiento. En síntesis: 1) la Mecánica galileana; y 2) la 'Geometría' celeste de Kepler; que pueden considerarse protofísica de la *Dinámica newtoniana.*

La teoría física clásica *Dinámica newtoniana* constituye lo que con razón se considera la 'revolución' científica newtoniana. En el cuadro anterior faltaba el (o ... un primer) **por qué**. Es decir, cuál era la **CAUSA** de la Cinemática, concebible y concebida como **EFECTO**.

Newton introduce el concepto de *fuerza* como causa, al actuar sobre un cuerpo, del efecto *movimiento* ; y desde una perspectiva *físico-matemática* responde a las preguntas

¿**Por qué** los efectos son 'los que'/'como' son?.
¿**Cómo** se relacionan causas y efectos?

mediante lo que se concibió como 'descubrimiento' de las *leyes fundamentales (objetivas) de la Naturaleza* y son las leyes fundamentales de la teoría física clásica *Dinámica newtoniana.*

III. CONSTRUCTOS NO MAGNITUDINALES

1. CONCEPTO DE CONSTRUCTO

En el marco de las teorías físicas clásicas se consideran *constructos* de una teoría física a todos y cada uno de los elementos necesarios para la formulación (lingüística, filosófica y matemática) de la teoría física concreta

2. TIPOS DE CONSTRUCTOS

Entre las diferentes clasificaciones que pueden establecerse para diferenciar los tipos de constructos, nos interesa ahora destacar, haciéndolo sólo en síntesis, la que parece más inmediata y que los divide en: a) *constructos simples*, que son elementos sustantivamente aislados e independientes; y b) *constructos compuestos*, de dos o más elementos simples.

Por otra parte, entre los constructos simples parece conveniente destacar las siguientes clases: *constructos no magnitudinales* y *constructos magnitudinales*, a los que dedicaremos, respectivamente, esta lección y la siguiente, y a los magnitudinales, además, el próximo curso monográfico.

En el marco de los constructos compuestos ocupan lugar preferente los *constructos legaliformes* a los que dedicaremos otra lección específica y posteriormente un curso monográfico.

3. LOS CONSTRUCTOS NO MAGNITUDINALES

Son conceptos que se caracterizan por:

Primero. Se refieren primordialmente a: 1) las *"cosas"* físicas en sí; y 2) los *"acaecimientos"* físicos en sí.

Segundo. No tienen naturaleza magnitudinal (No debe olvidarse que las magnitudes físicas constituyen lo formalmente y sustantivamente lo más importante de las teorías físicas clásicas)

4. EJEMPLOS

Por la importancia del tema exhibimos unos cuantos ejemplos de constructos no magnitudinales fundamnetales en diversas teorías físicas clásicas.

En la *Dinámica newtoniana* los constructos no magnitudinales radicales son precisamente: 1) el 'concepto-objeto' *punto material*; y 2) el 'concepto-acaecimiento' *movimiento*.

En *Termodinámica clásica*, análogamente: 1) *sistema*; 2) *proceso*.

En *Elasticidad lineal*: 1) sólido continuo; 2) deformación.

En la *Teoría elemental de gases*: 1) gas ideal; 2) evolución o cambio de estado.

En la *Teoría analítica del calor* de Fourier: 1) sólido; 2) conducción del calor.

En otros ámbitos, por ejemplo ajenos a la Física clásica y abusando un poco -con hace la Física- del lenguaje, pueden destacarse como constructos no magnitudinaleslos los siguientes: fotón, onda, partícula elemental.

5. CONSIDERACIÓN FINAL

Los temas de Prefísica (de una teoría física clásica), de Protofísica (de una teoría física clásica) y de Constructos no magnitudinales (de una teoría física clásica) constituyen aspectos básicos para la intelección de una teoría física clásica (y su conocimiento es de capital importancia para pasear de manera orientada por la selva de las teorías físicas no clásicas): a) para saber *de qué se habla*, a qué se refiere la teoría física; y b) para conocer el *ámbito de aplicación* y con qué *condiciones* y características puede aplicarse y *cómo*

Estos temas son fundamentales para conocer las teorías físicas, pero no lo son tanto para la *Teoría dimensional* donde interesa sobre todo lo matematizable y su matematización.

6. TEORÍA FÍSICA CLÁSICA:CONSTRUCTOS MAGNITUDINALES Y LEGALIFORMES. AXIOMÁTICA.

I. CONSTRUCTOS MAGNITUDINALES

1. CONCEPTO DE CONSTRUCTO MAGNITUDINAL PRIMARIO

Los constructos magnitudinales primarios son constructos conceptuales indefinidos, primitivos o básicos que se caracterizan por las notas significativas siguientes:

Primera. Se refieren a propiedades (intrínsecas o extrínsecas) de la *cosa* o a propiedades (descriptivas o fenomenológicas) del *acaecimiento.*

Segunda. Son conceptos simples

Tercera. Son matematizables.

Cuarta. Tienen naturaleza de magnitudes físicas.

Quinnta. Integran, como conceptos simples, los constructos compuestos denominados legaliformes.

Los *elementos matematizables* que se constituyen en magnitudes físicas son formalmente al menos: a) los constructos más importantes en/de la Física (casi exclusivos); y b) los más importantes para la *Teoría Dimensional* y para el *Análisis Dimensional.*

2. TIPOS DE CONSTRUCTOS MAGNITUDINALES

Los constructos magnitudinales son de diferentes tipos. Entre ellos destacamos, en primer lugar la clasificación implícita en el punto anterior:

a) Magnitudes primarias, que lo son por sí mismas, y son constructos simples, de referencia directa; y

b) Magnitudes secundarias, que lo son por definición, y son constructos compuestos derivados de los simples (magnitudes primarias) mediante difernetes tipos de construcciones matemáticas.

Una segunda clasificación de interés es la correspondiente

al ámbito de pertenencia ene la estructura lógico-filosófica. Así las magnitudes pueden clasificarse en:

1) Magnitudes de objeto o de la cosa

2) Magnitudes de proceso o de acaecimiento

Una tercera clasificación clásica y fundamental en la Física, en sus referencias unitarias o no respecto de las fundamentales de geometría (por unidad de longitud, de superficie o de volumen; a veces, por su naturaleza infinitesimal), tiempo (por unidad de tiempo) y materia (por unidad de masa), es la clasificación muy importante aunque no tanto para la construcción de la *Teoría dimensional* siguiente:

i) intensivas; y

ii) extensivas

3. TEORÍA DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS

Las magnitudes físicas deben caracterizarse, como todo concepto, *tanto como se puedan* (progresivamente, históricamente), sobre todo *matemáticamente.* Esto ha dado lugar a la construcción de una teoría de las magnitudes físicas, objeto de estudio de un capítulo especial. En la caracterización matemática deben considerarse en todo caso tres ámbitos específicos:

a) Topología.

b) Algebra.

c) Análisis funcional.

4. LAS MAGNITUDES DE LA *DINÁMICA NEWTONIANA*

4.1. Introducción

La obra de NEWTON, I. (1687), *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* [1], se organiza de la forma siguiente:

Definiciones

Axiomas o leyes del movimiento

Libro I

Libro II

Libro III

El Sistema del Mundo

Las "definiciones" que se refieren a la descripción de la

[1] (Versión castellana *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural y su Sistema del Mundo* de A. Escohotado. Editora Nacional. 1982).

'cosa' (masa o cuerpo) con sus propiedades y de las del acaecimiento (movimiento) se enumeran y describen de esta forma:

1) Cantidad de materia (masa o cuerpo)
2) Cantidad de movimiento
3) Fuerza ínsita de la materia
4) Fuerza impresa
5) Fuerza centrípeta
6) Cantidad absoluta de una fuerza centrípeta
7) " acelerativa " "
8) " motriz " "

Escolio.

1) Tiempo absoluto
2) Espacio absoluto
3) Lugar
4) Movimiento absoluto

A continuación, en "Axiomas o leyes del movimiento" se formula mediante los constructos legaliformes el *cómo* tiene lugar el movimiento.

4.2. Consideraciones ontológicas en torno al sistema newtoniano [2]

La Mecánica Newtoniana se fundamenta en la aceptación de unos conceptos, que pueden denominarse "primarios": espacio, tiempo, masa inercial, masa gravitatoria y fuerza; conceptos que nunca cuestiona, que no se ponen en duda. Si se presentan discrepancias entre los fenómenos y las predicciones teóricas se presupone que las deficiencias son inherentes a las leyes, y, en todo caso, habría que modificar éstas, nunca alterar los conceptos primarios.

El *espacio* y el *tiempo* adquieren un carácter absoluto, constituyendo unos referenciales últimos para describir los procesos naturales; son indeferentes a la presencia o ausencia de cuerpos y exteriores a la realidad corpórea. El espacio permanece inmóvil, no afectado por el movimiento de los cuerpos, tiene naturaleza euclídea y es tridimensional. El tiempo fluye constante

[2] Véase González de Posada, F. (1980) "Hacia una nueva fundamentación del Análisis Dimensional". *Rev. Real Academia de Cienc. Ex. Fís. Nat.* Madrid.

y uniformemente. Espacio y tiempo pueden existir en sí mismos, sin que existiesen cuerpos; constituyen unos principios absolutos para el ordenamiento cósmico; ni la presencia de los cuerpos ni los movimientos de éstos alteran su naturaleza, en cuanto estructura de orden de lugares y momentos.

La *materia*, en expresión y sentido filosóficos, o la masa, en expresión y sentido físicos -y en este caso tanto el aspecto inercial como el gravitatorio- radica en cuerpos. El mundo queda definido como conjunto de cosas corpóreas. El concepto de cuerpo adquiere de esta manera un papel central en la interpretación filosófica de la mecánica newtoniana, que establece la hegemonía de lo corpóreo, más en el sentido geométrico de "figura" que en el propiamente físico de "materia" (masa), y en línea con una epistemología básicamente perceptual. El mundo -los cuerpos- está en el espacio y en el tiempo. Los cuerpos ocupan espacio pero no son espacio; a ellos les resulta indiferente ocupar un lugar u otro del espacio, de forma análoga a la indiferencia de éste a ser ocupado por un cuerpo u otro, o ninguno.

El *movimiento* de los cuerpos tiene lugar en el espacio rígido y externo a ellos, mediante cambios de lugar a lo largo del tiempo. Se recurre a la noción de fuerza con un significado causal: la causa de un movimiento es la acción de una fuerza. El movimiento, como el espacio y el tiempo, es extrínseco a lo corpóreo.

Los *conceptos primarios* de la mecánica newtoniana, como puede observarse, *son claros, de contornos nítidos y radicalmente independientes entre sí.* Este universo intelectual percibe su crisis con la introducción del concepto de "campo" en la física de Maxwell y cede de manera definitiva su primacía científica y su influencia casi determinante en el pensamiento con la aparición de la teoría de la relatividad de Einstein.

4.3. Referencias espacial y temporal.

La Física Clásica acepta la existencia de un espacio absoluto en el que se sitúan los cuerpos y tienen lugar los fenómenos físicos que ella estudia; el espacio geométrico ordinario o espacio de la Física Clásica es, desde el punto de vista de la geometría, un espacio puntual euclídeo tridimensional. Los fenómenos y procesos físicos tienen unas determinadas 'duraciones' o se producen en determinados intervalos de tiempo. La formulación de las leyes y la explicación de los fenómenos de

la Física Clásica puede hacerse respecto a un sistema de referencia tridimensional (cartesiano o no) y respecto a un determinado instante de tiempo que se considere como inicial.

Cualquier teoría física que acepte esta hipótesis acerca de la naturaleza de su espacio soporte está lógicamente condicionada por sus propiedades, por su geometría métrica, y utilizará la geometría analítica, la geometría diferencial, el análisis vectorial y tensorial propios del espacio puntual euclídeo. Este *espacio soporte* -con su geometría- *es anterior a cualquier teoría física clásica concreta, y la teoría física a él se somete.*

Todas las teorías físicas están subordinadas también a una determinada concepción temporal. En las teorías clásicas es un concepto independiente del espacio geométrico. Es anterior también a cada teoría física concreta.

El *espacio soporte* utilizado por la Mecánica Clásica es el denominado espacio geométrico ordinario (espacio puntual euclídeo tridimensional). Las *magnitudes referenciales* de esta teoría son el tiempo y tres direcciones arbitrarias independientes entre sí. (Esto es anterior e independiente de la materia, de las posiciones que ésta ocupe, de la forma que adquiera y de su estado físico).

4.4. Estructuración magnitudinal. Magnitudes primarias de la *Dinámica newtoniana.*

Las magnitudes primarias de la *Dinámica newtoniana*, delimitada en los parágrafos anteriores, son, en las dos concepciones formales concebibles, respectivamente:

A) En la concepción vectorial. Teoría físico-matemática.

x, y, z, direcciones arbitrarias pero independientes y determinadas, con sus unidades respectivas, $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$

t, tiempo;

m_i, masa inercial;

$\vec{f}$, fuerza (f_x, f_y, f_z)

B) En la concepción escalar (o escalarizada). Método clásico. ('Método'; clásico, desde el punto de vista dimensional).

l, longitud (asociada directamente a la métrica del EGO)

t, tiempo;
m_i, masa inercial;
f, fuerza.

La Dinámica del punto material constituye una parte importante de la Mecánica Clásica, basada en la aceptación de la hipótesis del 'punto material': un cuerpo se representa mediante un punto geométrico -usualmente su centro de gravedad-, es decir, carente de volumen, no 'ocupa' espacio, aunque 'se sitúa' en el espacio absoluto, pero con masa.

No nos extendemos más en este punto, cuyo contenido propio puede verse en cualquier texto de Física General y de Mecánica, con más o menor rigor.

II. CONSTRUCTOS LEGALIFORMES

1. CONCEPTO DE CONSTRUCTO LEGALIFORME

Es un concepto que se caracteriza por las siguientes notas significativas:

Primera. Es un *constructo compuesto* de constructos simples (usualmente magnitudes físicas)

Segunda. Se expresa de ordinario mediante una *relación formal matemática.*

Tercera. Posee rango de *ley fundamental* de la teoría física.

Cuarta. Se refiere a una supuesta ley objetiva de la Naturaleza.

2. TIPOS DE CONSTRUCTOS LEGALIFORMES

1. *Hipótesis magnitudinales* que se refieren, usualmente, a acotar los valores de las cantidades de una magnitud física.
2. *Principios ecuacionales* (usualmente generales, que acepta la teoría física; a veces, específicos, que introduce la teoría).
3. *Leyes relacionales* propias, específicas de la teoría, que relacionan magnitudes de la teoría.

Este tema de los constructos legaliformes de una teoría física se estudia con cierto detalle en la "Teoría de las leyes físicas" título de un nuevo curso intensivo así como de otro capítulo.

3. EJEMPLO: LOS CONSTRUCTOS LEGALIFORMES DE LA *DINÁMICA NEWTONIANA*

3.1. Axiomas o leyes del movimiento según los *Principia* de Newton.

LEY PRIMERA (Ley de inercia)

> <<*Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas*>>

LEY II (Ley fundamental de la dinámica)

> <<*El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza*>>.

$$\left(\vec{f}\right) \propto (m)(\vec{a}) \qquad (13.1)$$

LEY III (Ley de acción y reacción)

> <<Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias>>.

4. EN TORNO A LA TEORÍA NEWTONIANA DE LA GRAVITACIÓN

4.1. Masa inercial y masa gravitatoria.

Distintos puntos de vista, o aspectos interesantes.
a) 'Pasión' y 'acción' de la materia. *Coexistencia.*

b) *Proporcionalidad.* Ley másica.

$$m_g \propto m_i \qquad (13.2)$$

c) Magnitudes *inseparables* (Palacios).

d) En torno a su naturaleza (esencialidad) ¿Una única 'cosa'? ¿Una única 'propiedad' de la cosa?

4.2. Gravitación universal.

Ley de la Gravitación universal:

A) Concepción vectorial

$$\vec{f} \propto \frac{m_g . m'_g}{d^2} \vec{r}_0 \qquad (13.3.a)$$

B) Concepción escalar

$$f \propto \frac{m_g . m'_g}{d^2} \qquad (13.3.b)$$

5. EN TORNO A LOS 'PRINCIPIOS GENERALES' DE CONSERVACIÓN DE LA FÍSICA [3]

(Presencia y construcción histórica)

1. Conservación de la energía.

HUYGENS.
a) Péndulo físico
b) Choque elástico

2. Conservación de la cantidad de movimiento.

$f.\Delta t = m.(\Delta v)$; $f.dt = d(mv)$ [Mecánica Clásica. Relatividad]

[3] Véase *Fundamentos de Termodinámica Clásica.* Pre-texto de Física. E.T.S. Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

La Naturaleza actúa: ¿por unidad de tiempo? o ¿por unidad de espacio?

3. Conservación de la masa (continuidad).

Notas complementarias:

Estos 'principios generales' son:

a) Irrelevantes -en primera instancia- a los "efectos dimensionales", ya que no constituyen, en principio, 'relaciones' entre magnitudes diferentes.

b) Fundamentales en las relaciones entre teorías y en sus compatibilizaciones.

c) Fundamentales en los procesos de "unificación de teorías".

III. LA AXIOMÁTICA FUNDAMENTAL

Este tema se desarrolla con cierto detalle en el curso monográfico de título *Teoría matemática de las teorías físicas* y análogamente en un próximo capítulo de este libro.

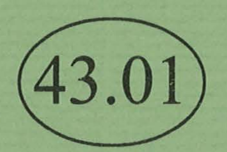
En síntesis, en este contexto general introductorio, interesa destacar lo siguiente.

Primero. Integra lo matematizable magnitudinal y legaliforme de la teoría física clásica.

Segundo. Se refiere a la axiomática relativa a los constructos con naturaleza de magnitudes primarias.

Tercero. Se centra en la *axiomática nuclear* constituida por los constructos legaliformes con los significados de sus símbolos.: hipótesis magnitudinales, principios ecuacionales y leyes relacionales.

CUADERNO



CATÁLOGO Y PEDIDOS EN
http://www.aq.upm.es/of/jherrera
jherrera@aq.upm.es

